

**Beschreibung**

VERFAHREN ZUND VORRICHTUNG ZUR AENDERUNG DES SCHWINGUNGSVERHALTENS EINES MASCHINENSYSTEMS

- 5 Die Erfindung betrifft ein Maschinensystem, welches eine elektrische Maschine und einen Anbau an der elektrischen Maschine aufweist. Der Anbau an der elektrischen Maschine ist mittels als Befestigungssystem angebracht. Zur Anbringung ist ein Befestigungssystem oder sind mehrere Befestigungssysteme vorgesehen. Ein Befestigungssystem ist beispielsweise ein Schraubverbindung, welche eine Schraube bzw. eine Mutter bzw. ein Innengewinde aufweist. Ein Beispiel für einen Anbau ist ein Aufsatzkühler für eine elektrische Maschine.
- 10
- 15 Elektrische Maschinen und das jeweilige Fundament weisen gemeinsame Systemeigenfrequenzen auf. Maschinensysteme bzw. elektrische Maschinen werden insbesondere entsprechend gültiger Normen und Spezifikationen hinsichtlich ihres Schwingungsverhaltens meist für eine harte Aufstellung ausgelegt.
- 20 Elektrische Maschinen-Fundament-Systeme, deren Systemeigenfrequenzen den Anregungsfrequenzen aus Drehfrequenz und/oder vorzugsweise bei 2-poligen Maschinen der doppelten Netzfreqenz entsprechend, können zu erheblichen Schwingungsproblemen führen. Motoren, die bei Abnahmeprüfungen, bei denen
- 25 "harte" Fundamente vorhanden sind, keine schwingungstechnischen Beanstandungen aufweisen, können bei Kunden mit "weichen" Fundamenten dennoch zu Schwingungsproblemen führen. Bei einer vorgesehenen Aufstellung des Maschinensystems auf einem Fundament wird bei der Auslegung des Fundamentes seitens eines Anlagenbauers häufig das Schwingungsverhalten des Maschinensystems auf einem Originalfundament nicht betrachtet. Dies führt in vielen Fällen dazu, dass eine elastische Aufstellung vorliegt. Durch eine elastische Aufstellung werden jedoch die Systemeigenfrequenzen des Maschinensystems bzw. der elektrischen Maschine verändert. Dies kann zu Schwingungsproblemen führen, wenn eine der Systemeigenfrequenzen des Maschinensys-
- 30
- 35

tems bzw. der elektrischen Maschine im Bereich einer anregenden Frequenz liegt.

Ergeben sich beispielsweise Schwingungsprobleme im Betrieb  
5 des Maschinensystems oder werden Schwingungsanforderungen von Normen oder Kunden nicht erfüllt so sind derartige Schwingungsprobleme, welche insbesondere durch einen resonanznahen Betrieb hervorgerufen sind, beispielsweise durch zumindest der folgenden Maßnahmen möglicherweise überwindbar:

10

- 1) Änderung der Fundamentsteifigkeit,  
problematisch ist jedoch
  - a) Meist nachträglich nicht möglich.
  - b) Bei Änderung des Fundaments wird oftmals nicht nur die eine gewünschte Steifigkeitsrichtung geändert, sondern auch die anderen Steifigkeitsrichtungen mit verändert.
  - c) Oftmals ist die Ermittlung der Fundamentsteifigkeit schwierig
- 20 2) Betriebswuchten der Maschine auf originalem Fundament zur Minimierung der Anregung;
- 3) Entwicklung/Bau neuer Rotoren; ⇒ Verzögerung hinsichtlich Inbetriebsetzung.

25

Derartige Maßnahmen sind äußerst aufwendig, kostenintensiv bzw. auch zeitintensiv.

30

Aufgabe der Erfindung ist es ein Maschinensystem bzw. ein Verfahren zum Betreiben eines Maschinensystems anzugeben, bei dem auftretende Schwingungsprobleme in einfacher Weise gelöst werden. Die Lösung dieser Aufgabe gelingt durch ein Maschinensystem mit den Merkmalen nach Anspruch 1 bzw. durch ein Maschinensystem mit den Merkmalen nach Anspruch 2 bzw. durch ein Verfahren zum Betrieb eines Maschinensystems mit den Merkmalen nach Anspruch 10. Die Unteransprüche 3 bis 9 bzw. 11 bis 13 sind erforderliche Weiterbildungen des Maschinensystems bzw. des Verfahrens. Die Aufgabe wird ferner gelöst

35

durch die Verwendung des Verfahrens bei einem Maschinensystem.

Ein Maschinensystem weist eine elektrische Maschine und einen Anbau auf. Der Anbau ist mittels eines Befestigungssystems an der elektrischen Maschine angebracht. Ein erstes Befestigungssystem ist dabei durch ein zweites Befestigungssystem austauschbar, wobei das erste Befestigungssystem und das zweite Befestigungssystem von einem unterschiedlichen Typ sind. Durch den Austausch der Befestigungssysteme unterschiedlichen Typs ist eine Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems erzielbar.

Ein Befestigungssystem ist beispielsweise eine Schraubverbindung, welche zumindest eine Schraube und ein korrespondierendes Innengewinde bzw. eine Mutter aufweist. Die Schraube ist beispielsweise derart ausführbar, dass diese eine bestimmte Elastizität bzw. Federeigenschaft aufweist. Es sind Schrauben mit unterschiedlichen Eigenschaften ausbildbar. Das Befestigungssystem weist beispielsweise weiterhin eine Unterlegscheibe bzw. einen Sprengring oder ähnliches auf.

Die Lösung der Aufgabe gelingt ferner durch ein Maschinensystem, welches eine elektrische Maschine und einen Anbau aufweist, wobei der Anbau an der elektrischen Maschine mittels eines Befestigungssystems angebracht ist, wobei das Maschinensystem verschiedene Befestigungsstellen für die Anbringung des Anbaus an der elektrischen Maschine mittels Befestigungssysteme aufweist. Verschiedene Befestigungsstellen sind beispielsweise Bohrungen in einem Gehäuses einer elektrischen Maschine, welche zur Aufnahme von Schrauben vorgesehen sind. Mittels der Schrauben ist der Anbau an die elektrische Maschine über einen Schraubenkopf oder einer Mutter bzw. ein in den Anbau bzw. in der elektrischen Maschine integriertes Innengewinde anbringbar. Die Befestigungsstellen sind nur teilweise durch ein Befestigungssystem belegt. Durch einen Wechsel der Belegung und/oder der Beleganzahl der Befes-

tigungsstellen mit den Befestigungssystemen ist eine Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems erzielbar. Das Schwingungsverhalten des Maschinensystems ist abhängig, insbesondere vom Anbau der elektrischen Maschine und dem Fundament auf dem das Maschinensystem angebracht ist bzw. auch von den Kopplungseigenschaften der Kopplung von Anbau und elektrischer Maschine.

- Durch den Wechsel verschiedener Befestigungsstellen bzw.
- 10 durch die Auswahl verschiedener möglicher verwendbarer Befestigungsstellen ist der Anbau an auswählbaren Befestigungsstellen, d.h. an auswählbaren Orten der Befestigung an die elektrische Maschine anbringbar. Da die Kopplungssteifigkeiten bei einer unterschiedlichen Auswahl von Befestigungsstellen auch unterschiedlich auf den Anbau bzw. die elektrische Maschine wirken ist dadurch ein Einfluss auf das Schwingungsverhalten des Maschinensystems erzielbar. Bezuglich der Schwingungseigenschaft ist auch zu unterscheiden welche Richtungskomponenten eine Schwingung aufweisen kann.
- 20 In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist ein erstes Befestigungssystem durch ein zweites Befestigungssystem unterschiedlichen Typs austauschbar, wobei durch derartigen Austausch eine Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems erzielbar ist. Die Auswahl unterschiedlicher Befestigungssysteme, d.h. Befestigungssysteme unterschiedlichen Typs ist kombinierbar mit der Auswahl unterschiedlicher Befestigungsstellen.
- 30 In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist das Befestigungssystem ein Kopplungselement auf. Das Kopplungselement ist insbesondere bei einer Schraubverbindung einsetzbar, wobei das Kopplungselement durch die Ausbildung der Schraubverbindung zwischen der elektrischen Maschine und dem Anbau liegt.
- 35 Die Lage des Kopplungselementes ist beispielsweise direkt bei einer Schraubverbindung oder von dieser Schraubverbindung entfernt. Ein Beispiel für ein Kopplungselement ist neben ei-

ner Beilagscheibe, einem Sprengring oder ähnlichen auch eine Gummilippe oder ein Abdichtring, welche insbesondere für eine Abdichtung verwendbar ist.

5 In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das Befestigungssystem oder das Kopplungselement als eine Feder und/oder als ein Dämpfer ausgebildet. Durch Feder- bzw. Dämpfereigenschaften des Kopplungselementes lässt sich das Schwingungsverhalten des Maschinensystems verändern bzw. abstimmen.

10 Als Material für das Kopplungselement bzw. für das Befestigungssystem ist beispielsweise ein Gummimaterial oder ein Kunststoffmaterial einsetzbar.

15 In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist das Befestigungssystem und/oder das Kopplungssystem einen Tilger auf. Ein Tilger ist zur Aufnahme von Schwingungsenergie vorgesehen, so dass ein in Schwingung geratenes Maschinensystem durch Entzug von Energie in seiner Schwingung dämpfbar ist.

20 In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Anbau an die elektrische Maschine ein Aufsatzkühler der elektrischen Maschine. Der Aufsatzkühler ist zur Kühlung der elektrischen Maschine vorgesehen. Derartige Aufsatzkühler weisen eine ausreichende Masse auf um das Maschinensystem in seinem Schwingungsverhalten zu beeinflussen. Weiterhin sind Aufsatzkühler bereits durch Befestigungssysteme an eine elektrische Maschine angebracht. Aufsatzkühler sind beispielsweise als Luft-Luft-Kühler oder auch als Luft-Wasser-Kühler ausführbar.

25

30 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist der Anbau bereits verschiedene Befestigungssysteme zur elektrischen Maschine auf, wobei die verschiedenen Befestigungssysteme unterschiedlichen Typs sind. Durch Auswahl der zur Befestigung vorgesehenen Befestigungssysteme ist dann das Schwingungsverhalten des Maschinensystems veränderbar. Weist beispielsweise eine Schraubverbindung ein Kopplungselement wie z.B. ein Gum-

35

mistück zwischen dem Anbau und der elektrischen Maschine insbesondere dem Gehäuse der elektrischen Maschine auf, so ist die Schwingungseigenschaft des Maschinensystems durch den Ersatz -des Kopplungselementes mit einem weicheren oder einem 5 härterem Kopplungselement abänderbar.

Durch die Veränderung der Systemeigenfrequenz des Maschinensystems sind Schwingungsprobleme reduzierbar. Probleme entstehen insbesondere durch Anregungen bei der Eigenfrequenz 10 des Maschinensystems. Die Eigenfrequenz ist also abzuändern. Die Veränderung der Systemeigenfrequenz gelingt insbesondere durch ein Einstellen einer Federankopplung zwischen Anbau und elektrischer Maschine. Die Federankopplung ist mittels des Befestigungssystems ausgeführt. Beispielsweise können dadurch 15 bei Maschinensystemen, welche eine elektrische Maschine mit einem Aufsatzkühler aufweisen bei einer elastischen Aufstellung der elektrischen Maschine durch eine Änderung der Steifigkeit der Ankopplung des Aufsatzkühlers die Systemeigenfrequenz des Maschinensystems verschoben werden, so dass Schwingungsprobleme aufgrund Resonanznähe verhindert werden können. 20 Zusätzlich ist bei Kenntnis der Fundamentsteifigkeit der Aufsatzkühler durch geeignete Wahl der Kühlerkopplungssteifigkeit als Tilger eingesetzt werden um die Schwingungsamplituden eines Rotors oder eines Ständers der elektrischen Maschine 25 oder die Amplitudendifferenz zwischen Ständer und Rotor zu tilgen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Motorsystems weist der Anbau zumindest 1/20 der Masse der elektrischen 30 Maschine auf.

Bei einem Verfahren zum Betrieb eines Maschinensystems, welches eine elektrische Maschine und einen Anbau aufweist, wobei der Anbau an der elektrischen Maschine mittels eines Befestigungssystems angebracht ist, ist zumindest ein erstes 35 Befestigungssystem durch ein zweites Befestigungssystem unterschiedlichen Typs austauschbar, wobei dadurch, dass das

erste Befestigungssystem durch ein zweites Befestigungssystem unterschiedlichen Typs ausgetauscht wird, dass Schwingungsverhalten des Maschinensystems verändert wird.

- 5 In einem weiteren Verfahren zum Betrieb eines Maschinensystems, welches eine elektrische Maschine und einen Anbau aufweist, wobei der Anbau an der elektrischen Maschine mittels eines Befestigungssystems angebracht ist und das Maschinensystem verschiedene Befestigungsstellen für die Anbringung
- 10 des Anbaus an der elektrischen Maschine mittels Befestigungssystemen aufweist, werden die Befestigungsstellen nur teilweise durch ein Befestigungssystem belegt, wonach die Belegung der Befestigungsstellen mit den Befestigungssystemen geändert wird, wonach insbesondere das Schwingungsverhalten
- 15 des Maschinensystems abgeändert ist.

Weist ein Maschinensystem unterschiedliche Befestigungsstellen auf, ist neben der Auswahl der Befestigungsstellen auch eine Auswahl von Befestigungssystemen unterschiedlichen Typs

- 20 möglich. Wird ein erstes Befestigungssystem durch ein zweites Befestigungssystem unterschiedlichen Typs ausgetauscht, führt dies zu einer Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems.

- 25 Vorteilhaft ist es auch, wenn die Auswahl der Befestigungsstellen zur Anbringung eines Befestigungssystems kombiniert wird mit der Auswahl verschiedener Befestigungssysteme unterschiedlichen Typs. Dadurch ergibt sich eine besonders hohe Varianz möglicher Veränderungen der Eigenfrequenz des Maschinensystems.
- 30

Die vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Dabei zeigt:

- 35 FIG 1 ein Maschinensystem 1,  
FIG 2 ein Befestigungssystem,  
FIG 3 unterschiedliche Befestigungsstellen,

FIG 4 ein Dreimassenschwingungsmodell,

FIG 5 Biegeeigenfrequenzen und

FIG 6 Systemeigenfrequenzen in Abhängigkeit einer Kühlertankopplungssteifigkeit.

5

Die Darstellung gemäß FIG 1 zeigt ein Maschinensystem 1. Das Maschinensystem 1 weist eine elektrische Maschine 2 und einen Anbau 3 auf. Der Anbau 3 ist ein Aufsatzkühler. Die elektrische Maschine weist weiterhin einen Läufer 9, einen Ständer 7 und ein Gehäuse 5 auf. Der Anbau 3 ist mittels der Befestigungssystemen 11 und 12 an der elektrischen Maschine 2 befestigt. Die Befestigung erfolgt an Befestigungsstellen 13, 15, 17 und 19. Die Befestigung ist beispielsweise eine Schraubenverbindung 21.

15

Die Darstellung gemäß FIG 2 zeigt einen Ausdruck aus dem Gehäuse 5 der elektrischen Maschine, wobei das Gehäuse 5 ein Innengewinde 26 aufweist. In das Innengewinde ist eine Schraube 28 eingedreht. Mittels eines Schraubenkopfes 30 erfolgt eine Verbindung zwischen dem Anbau 3 und dem Gehäuse 5 der elektrischen Maschine. Zwischen dem Anbau 3 und dem Gehäuse 5 befindet sich ein Kopplungselement 23. Dieses Kopplungselement weist eine Bohrung 32 zur Durchführung der Schraube 28 auf. Das Kopplungselement 23 ist beispielsweise durch das Kopplungselement 24 ersetzbar, wobei die Kopplungselemente 23 und 24 von unterschiedlichen Typs sind. Sie unterscheiden sich beispielsweise durch die Dicke bzw. auch durch das Material. Neben direkt an der Befestigungsstelle 20 befindlichen Kopplungselementen 23, 24 sind auch alternativ oder in Kombination Kopplungselemente 25 einsetzbar, welche von der Befestigungsstelle 20 entfernt sind.

Die Darstellung gemäß FIG 3 dient zur Darstellung verschiedener Befestigungsstellen. Weist ein Gehäuse 5 verschiedene Befestigungsstellen auf, so sind beispielsweise nur die Hälfte dieser Befestigungsstellen jeweils für die Befestigung eines Anbaues notwendig. Im vorliegenden Beispiel sind die Befesti-

gungsstellen durch befüllte bzw. unbefüllte Kreise dargestellt. Ein Anbau ist beispielsweise durch die Befestigungsstellen 41, 43, 45, 47, 49, 51 und 53 an ein Gehäuse anbringbar, wobei auch eine Befestigung des Anbaues an den Befestigungsstellen 42, 44, 46, 48, 50, 52 und 53 möglich ist. Durch die Auswahl der Befestigungsstellen lässt sich die Ankopplung des Anbaues an die elektrische Maschine ändern. Durch die Änderungen der Ankopplung ändert sich die Schwingungseigenschaft des Maschinensystems.

10

Die Darstellung gemäß FIG 3 zeigt ein Schwingungsmodell. Es ist ein Dreimassenschwingungsmodell dargestellt, wobei die Dreimassen  $m_1$ ,  $m_2$  und  $m_3$  die Hauptmassen eines Maschinensystems darstellen.  $m_1$  stellt beispielsweise die Motorgesamtmasse abzüglich der Massen  $m_2$  und  $m_3$  dar. Als  $m_2$  ist die Läufermasse bezeichnet.  $m_3$  ist die Masse des Aufsatzes, d.h. beispielsweise die Masse eines Aufsatzkühlers einer elektrischen Maschine. Über eine Kraft  $F$  ist das Dreimassensystem harmonisch anregbar. Das Schwingungsmodell beschreibt die Translation in vertikaler Richtung. Die Dreimassen Ständer, Läufer und Kühler sind elastisch miteinander verbunden. Das Schwingungssystem wird durch eine harmonische Anregung der Läufermasse z.B. durch eine Unwuchtanregung zu erzwungenen Schwingungen angeregt. Die Steifigkeit innerhalb des Systems wird durch die Faktoren  $c_1$ ,  $c_2$  und  $c_3$  gegeben. Dabei stellt  $c_1$  die vertikale Fundamentsteifigkeit dar.  $c_2$  steht für die vertikale Steifigkeit zwischen Läufermasse und Ständermasse, wobei diese aus der ersten Biegeeigenform in z-Richtung berechnet ist. Der Parameter  $c_3$  repräsentiert die vertikale Steifigkeit der tragenden Gummielemente zwischen dem Ständer und dem Anbau, insbesondere dem Ausatzkühler. Mit  $\epsilon$  ist die Läuferexzentrität bezeichnet.

Die Schwingungsamplituden bei harmonischer Anregung des Läufers ergeben sich wie folgt:

10

$$z_{1p} = \frac{-c_2 \hat{F} \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3)}{\alpha}$$

$$z_{2p} = \frac{\hat{F} \cdot [(-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + c_3) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_3^2]}{\alpha}$$

5

$$z_{3p} = \frac{\hat{F} \cdot c_2 \cdot c_3}{\alpha}$$

- Durch die Veränderung der Steifigkeit der Kopplung zwischen Anbau und elektrischer Maschine lassen sich die Systemeigenfrequenzen und somit die Resonanzstellen verschieben, da  $\alpha$  eine Funktion von  $c_3$  ist. Die Steifigkeit wird beispielsweise dadurch verändert, dass Kopplungselemente wie beispielsweise Gummielemente unterschiedlichen Typs, also unterschiedlicher Steifigkeit verwendet werden.

$$a = (-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + c_3) \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_2^2 \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_3^2 \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)$$

- In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Masse des Anbaus, wie z.B. des Aufsatzkühlers als Tilger einsetzbar. Bei vorgegebener Fundamentsteifigkeit ist also die Kühlermasse als Tilger einzusetzen. Dies kann ebenfalls durch geeignete Wahl der Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$  erfolgen.

25

Tilgen der Schwingungsamplitude  $z_{1p}$  (Ständeramplitude):

Die Schwingungsamplitude  $z_{1p}$  wird getilgt ( $z_{1p} = 0$ ) bei der Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$ :

$$30 \quad c_3 = m_3 \cdot \Omega^2$$

Mit dieser Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$  ergeben sich die Amplituden:

11

$$z_{1p} = 0 \quad ; \quad z_{2p} = \frac{-\hat{F}}{(m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)} \quad ; \quad z_{3p} = \frac{\hat{F} \cdot c_2}{(m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot c_3}$$

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass je höher die Aufstellungs frequenz ist, desto näher liegt die Nullstelle an der Resonanz. Grund hierfür ist, dass die 1. Systemeigenfrequenz asymptotisch mit steigender Aufstellungs frequenz gegen Grenzwert läuft:

$$\lim_{f_a \rightarrow \infty} \omega_1 = \sqrt{\frac{c_3}{m_3}}$$

10

Tilgen der Schwingungsamplitude  $z_{2p}$  (Läuferamplitude):

Die Schwingungsamplitude  $z_{2p}$  wird getilgt ( $z_{2p} = 0$ ) bei der Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$ :

15

$$c_3 = \frac{m_3 \cdot \Omega^2 \cdot [m_1 \cdot \Omega^2 - (c_1 + c_2)]}{(m_1 + m_3) \cdot \Omega^2 - (c_1 + c_2)} = c_3$$

Mit dieser Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$  ergeben sich die Amplituden:

20

$$z_{1p} = \frac{-c_2 \cdot \hat{F} \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3)}{(-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + c_3) \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_2^2 \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_3^2 \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)}$$

$$z_{2p} = 0$$

25

$$z_{3p} = \frac{c_2 \cdot c_3 \cdot \hat{F}}{(-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + c_3) \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_2^2 \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_3^2 \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)}$$

Die Schwingungsamplitude  $z_{3p}$  kann nicht getilgt werden.

30

Tilgen der Schwingungsamplitudendifferenz zwischen Ständer und Läufer:  $|z_{1p} - z_{2p}|$

12

Die Schwingungsamplitudendifferenz  $|z_{1p} - z_{2p}|$  wird getilgt  
 $(|z_{1p} - z_{2p}| = 0)$  bei der Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$ :

$$c_3 = \frac{m_3 \cdot \Omega^2 \cdot |m_1 \cdot \Omega^2 - c_1|}{(m_1 + m_3) \cdot \Omega^2 - c_1} = c_3$$

5

Mit dieser Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$  ergeben sich die Amplituden:

$$10 \quad z_{1p} = \frac{-c_2 \cdot F \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3)}{(-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + c_3) \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_2^2 \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_3^2 \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)}$$

$$z_{2p} = z_{1p}$$

$$15 \quad z_{3p} = \frac{c_2 \cdot c_3 \cdot \hat{F}}{(-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + c_3) \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_2^2 \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_3^2 \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)}$$

Die Schwingungsamplitude  $z_{3p}$  kann nicht getilgt werden.

20 Zur Berechnung eines Tilgens der Schwingungsamplitudendifferenz zwischen Ständer und Läufer  $|z_{1p} - z_{2p}|$  kann beispielsweise wie folgt verfahren werden.

25 Daraus ergibt sich, dass keine Relativbewegung zwischen Läufersmasse und Ständermasse mehr vorhanden ist.

30 Die Darstellung gemäß FIG 5 zeigt die Abhängigkeit einer ersten Biegeeigenfrequenz Y bzw. Z bei Gleitlagerung mit Zylinderschale von der Rotoreigenfrequenz. Auf der Abszisse ist die Rotoreigenfrequenz bei Starterlagerung aufgetragen. Auf der Ordinade ist die Rotoreigenfrequenz bei Gleitlagerung aufgetragen.

35 Die Darstellung gemäß FIG 6 zeigt ein Beispiel für eine Resonanzverschiebung. Im übrigen ist ein Befestigungssystem oder

13

sind mehrere Befestigungssysteme vorgesehen ist. Ein Befestigungssystem ist beispielsweise eine Schraubverbindung, welche eine Schraube bzw. eine Mutter bzw. ein Innengewinde aufweist. Ein Beispiel für einen Anbau ist ein Aufsatzkühler für  
5 eine elektrische Maschine.

Bei einer vorgegebenen Fundamentsteifigkeit  $c_1$  tritt in diesem Beispiel bei einem 50 Hz Betrieb Resonanz auf, da die 3. Systemeigenfrequenz ebenfalls bei circa 50 Hz liegt.

10

Durch die Veränderung der Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$ , können die Systemeigenfrequenzen verschoben werden. Mit steigender Steifigkeit  $c_3$  erhöhen sich die Systemeigenfrequenzen.

15 In dem vorhanden Beispiel kann durch die Erhöhung der Kühlerankopplungssteifigkeit von:

$$c_3 = 5,4 \text{ kN/mm} \Rightarrow 80 \text{ kN/mm}$$

20 ein ausreichender Abstand der Systemeigenfrequenzen zu der anregenden Rotordrehfrequenz  $\Omega$  eingehalten werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Kühlerankopplungssteifigkeit die Struktursteifigkeit des Kühlers an Bedeutung hinsichtlich der Systemeigenfrequenzen gewinnt.

25

Eine Anpassung der Maschine hinsichtlich Schwingungsoptimierung auf ein vorgegebenes Fundament ist also möglich.

30 Durch eine einfache Maßnahme und zwar die Variation der Kühlerankopplungssteifigkeit kann das Schwingungsverhalten optimiert werden. Resonanzen können verschoben, Amplituden bzw. Amplitudendifferenzen minimiert werden. Diese Maßnahme ist weit aus kostengünstiger und wesentlich weniger zeitintensiv bislang durchgeführte Maßnahmen.

35

Vorteile der Erfindung ergeben sich auch daraus, dass eine Änderung einfach auf einer Anlage bzw. am Aufstellungsort des

14

Maschinensystems durchführbar sind. Dies erhöht den Kunden-nutzen.

**Patentansprüche**

1. Maschinensystem (1) welches eine elektrische Maschine (2) und einen Anbau (3) aufweist, wobei der Anbau (3) an der elektrischen Maschine (1) mittels eines Befestigungssystems (11) angebracht ist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein erstes Befestigungssystem (11) durch ein zweites Befestigungssystem (12) unterschiedlichen Typs austauschbar ist, wobei durch einen Austausch eine Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems (1) erzielbar ist.  
5
2. Maschinensystem (1) welches eine elektrische Maschine (2) und einen Anbau (3) aufweist, wobei der Anbau (3) an der elektrischen Maschine (1) mittels eines Befestigungssystems (11) angebracht ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Maschinensystem (1) verschiedene Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) für die Anbringung des Anbaus (3) an der elektrischen Maschine (2) mittels Befestigungssystemen (11) aufweist, wobei die Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) nur teilweise durch ein Befestigungssystem (11) belegt sind, wobei durch einen Wechsel der Belegung der Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) mit den Befestigungssystemen (11) insbesondere eine Änderung des Schwingungsverhaltens des  
10  
20  
25  
Maschinensystems (1) erzielbar ist.
3. Maschinensystem (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein erstes Befestigungssystem (11) durch ein zweites Befestigungssystem (12) unterschiedlichen Typs austauschbar ist; wobei durch einen Austausch eine Änderung des Schwingungsverhaltens des  
30  
Maschinensystems (1) erzielbar ist.
4. Maschinensystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungssystem (11) ein Kopplungselement (23) und insbesondere eine Schraubverbindung (21) aufweist.  
35

## 16

5. Maschinensystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungssystem (11) und/oder das Kopplungselement (23) als eine Feder und/oder als ein Dämpfer ausgebildet ist.

5

6. Maschinensystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungssystem (11) und/oder das Kopplungselement (23) ein Gummimaterial und/oder ein Kunststoffmaterial aufweist.

10

7. Maschinensystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungssystem (11) und/oder das Kopplungselement (23) einen Tilger aufweist.

15

8. Maschinensystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anbau (3) ein Aufsatzkühler der elektrischen Maschine (2) ist.

20

9. Maschinensystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anbau (3) mittels Befestigungssystemen (11, 12) unterschiedlichen Typs an der elektrischen Maschine (2) angebracht ist.

25

10. Verfahren zum Betrieb eines Maschinensystems (1), welches eine elektrische Maschine (2) und einen Anbau (3) aufweist, wobei der Anbau (3) an der elektrischen Maschine (1) mittels eines Befestigungssystems (11) angebracht ist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein erstes Befestigungssystem (11) durch ein zweites Befestigungssystem (12) unterschiedlichen Typs ausgetauscht wird, wobei durch den Austausch eine das Schwingungsverhalten des Maschinensystems (1) verändert wird.

35

11. Verfahren zum Betrieb eines Maschinensystems (1), welches eine elektrische Maschine (2) und einen Anbau (3) aufweist, wobei der Aufsatz (3) an der elektrischen Maschine (1) mittels eines Befestigungssystems (11) angebracht ist,

5 dadurch gekennzeichnet, dass das Maschinensystem (1) verschiedene Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) für die Anbringung des Anbaus (3) an der elektrischen Maschine (2) mittels Befestigungssysteme (11) aufweist, wobei die Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) nur teilweise  
10 durch ein Befestigungssystem (11) belegt sind, wobei die Belegung der Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) mit den Befestigungssystemen (11) geändert wird wonach insbesondere das Schwingungsverhalten des Maschinensystems (1) abgeändert ist.

15 12. Verfahren nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein erstes Befestigungssystem (11) durch ein zweites Befestigungssystem (12) unterschiedlichen Typs insbesondere zur Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems (1)  
20 ausgetauscht wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungssystem (11) ein Kopplungselement (23) und insbesondere eine Schraubverbindung (21) aufweist, wobei ein erstes  
25 Kopplungselement (23) durch ein zweites Kopplungselement (24) unterschiedlichen Typs ausgetauscht oder ergänzt wird.

14. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis  
30 13 bei einem Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

1/4

FIG 1

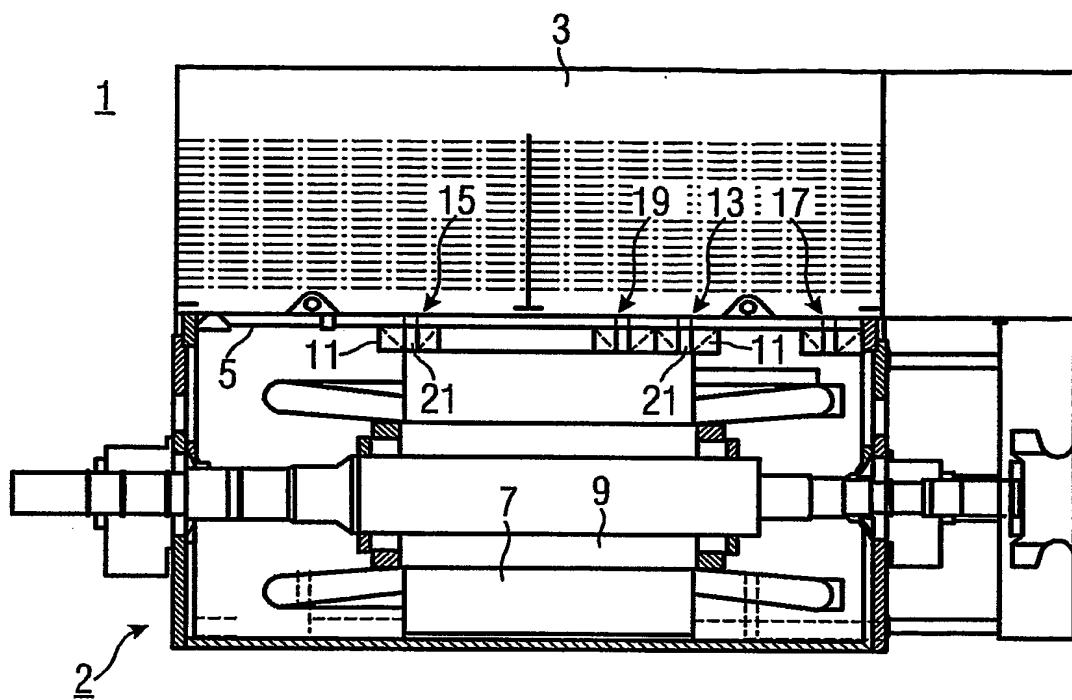
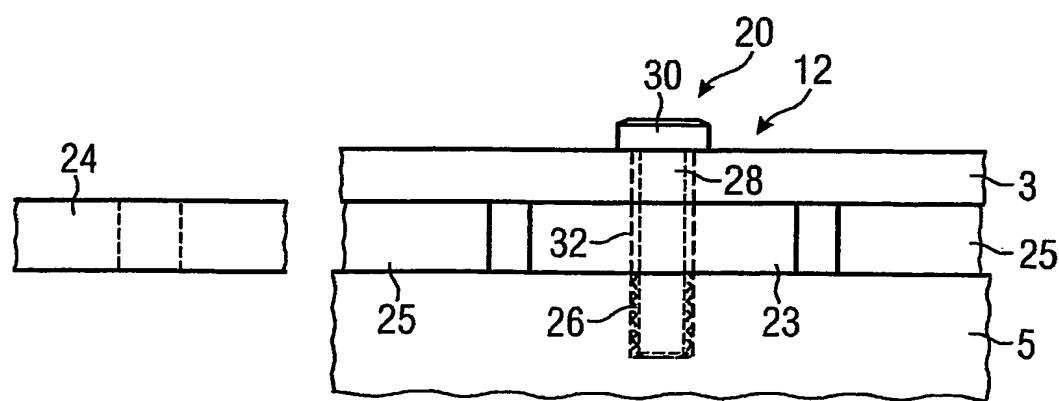


FIG 2



2/4

FIG 3

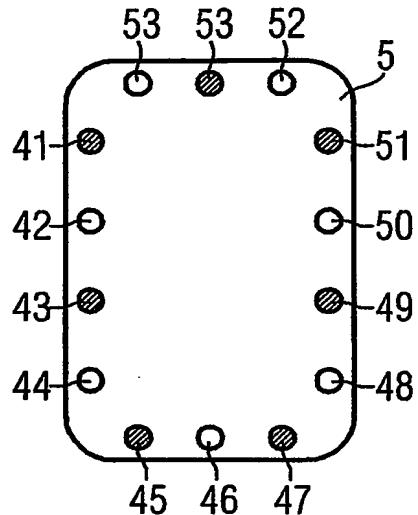
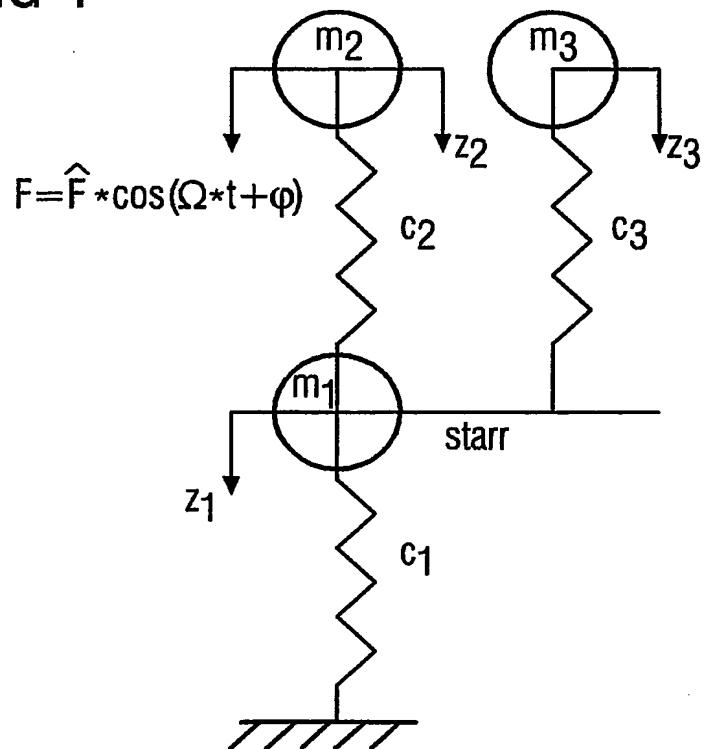


FIG 4



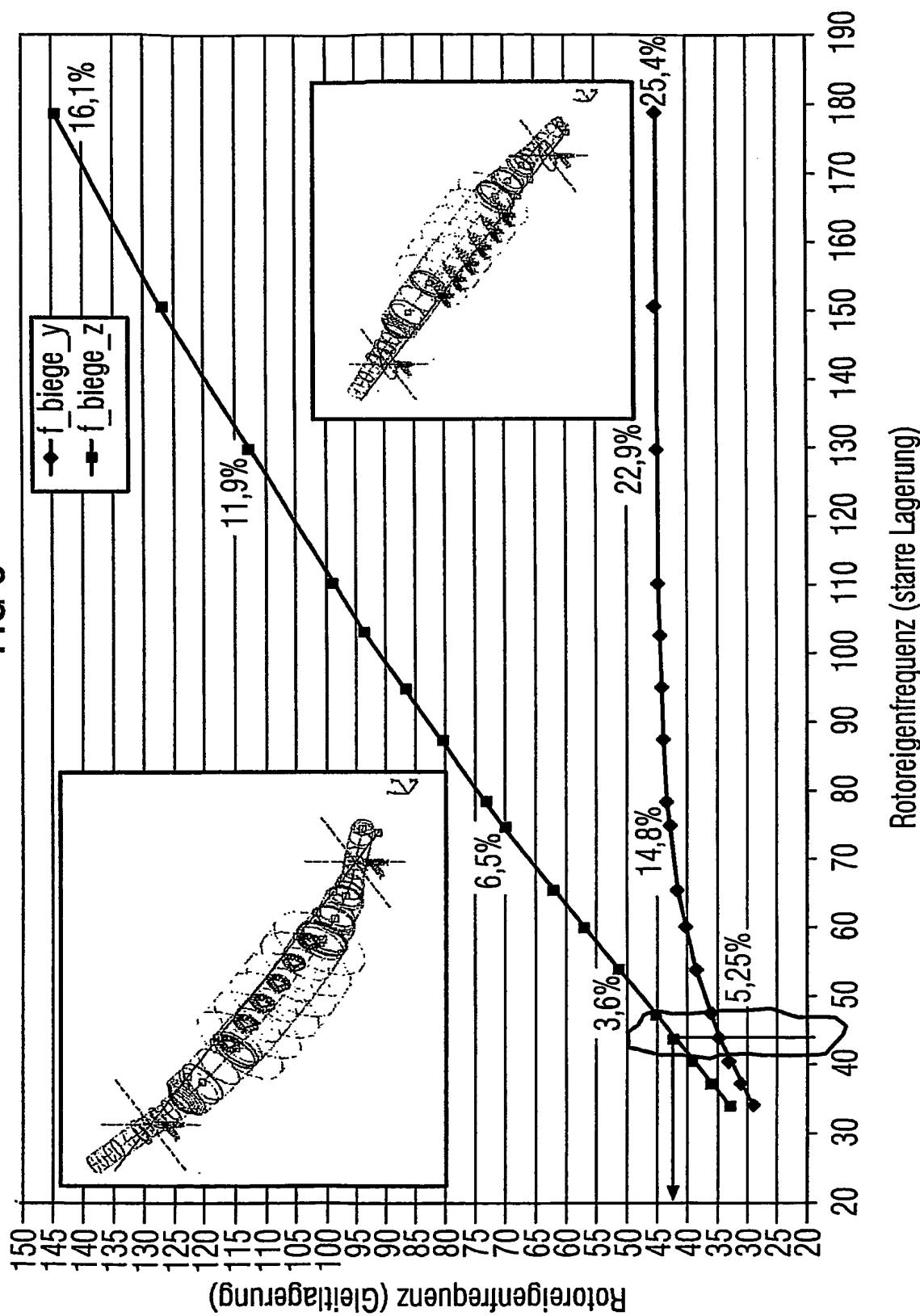
Bei z.B. Unwuchtanregung:

$$\hat{F} = m_2 \cdot \varepsilon \cdot \Omega^2 \text{ mit } \varepsilon: \text{Läuferexzentrizität}$$

$$\Rightarrow c_2 = (f_{\text{biege}_z} \cdot 2 \cdot \pi)^2 \cdot m_2$$

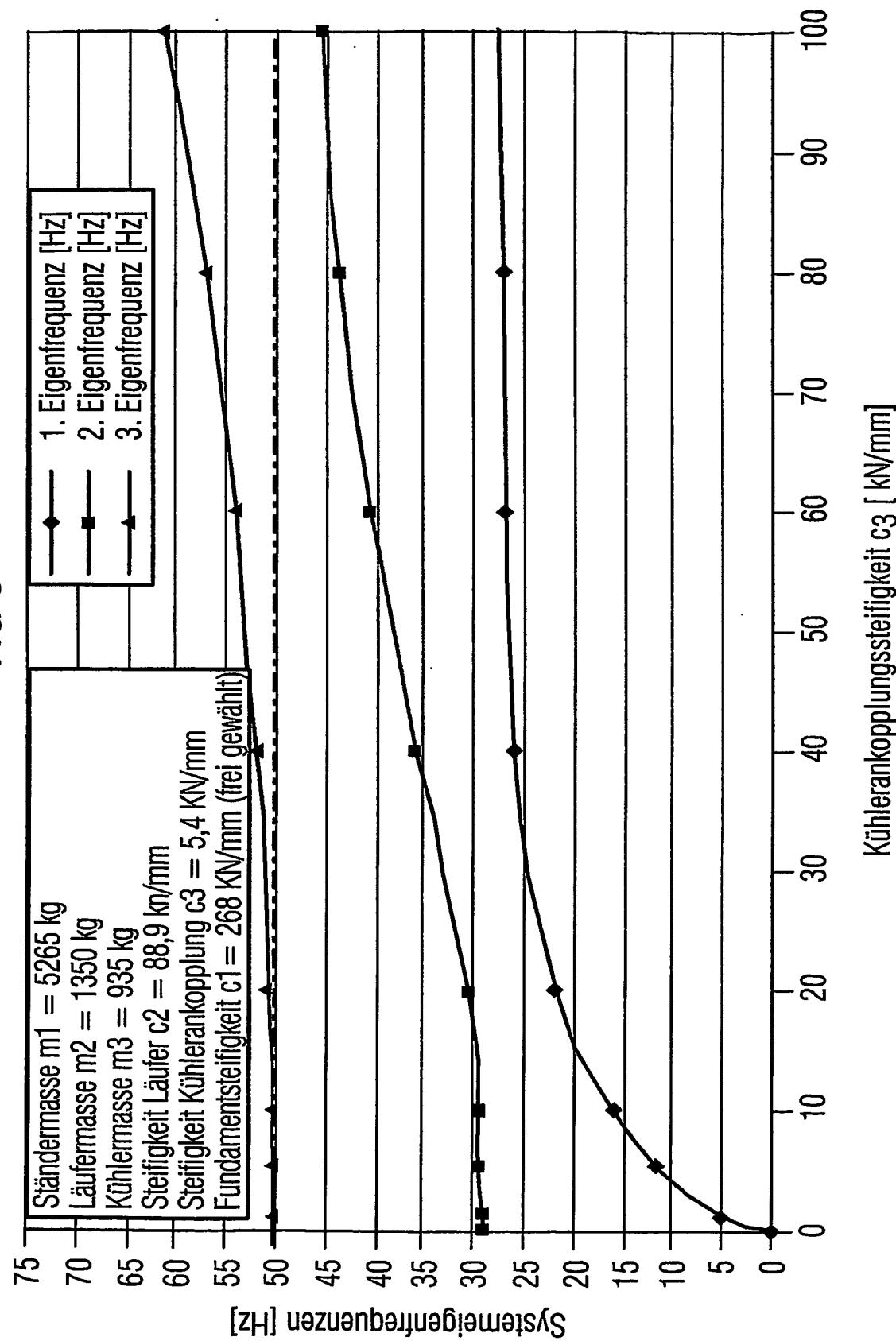
3/4

FIG 5



4/4

FIG 6



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/010689

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 H02K5/24 F16F7/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 H02K F16F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 698 750 A (WHIRLPOOL CORPORATION) 28 February 1996 (1996-02-28) abstract page 3, line 17 – page 4, line 1; figures 1–5 ----- DE 101 50 031 A (KUNZ, WUNNIBALD) 17 April 2003 (2003-04-17) abstract column 4, lines 24–61; figures 2–4 ----- WO 02/48572 A (BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERÄTE GMBH) 20 June 2002 (2002-06-20) abstract page 3, lines 14–26; figure 1 ----- -/-	1,4,10, 13,14
X		1,5,9
X		1,5

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## ° Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

13 December 2004

29/12/2004

Name and mailing address of the ISA  
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Beitner, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/010689

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 266 856 A (HOLTER) 30 November 1993 (1993-11-30) abstract column 2, line 45 - column 4, line 20; figures 1-5 ----- DE 33 47 555 A (SIEMENS AG) 11 July 1985 (1985-07-11) abstract page 3, lines 11-31; figures 1-3 -----	1,4,5, 10,13,14
X		1,8

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/010689.

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0698750	A	28-02-1996	US BR CA EP	5637938 A 9503661 A 2155256 A1 0698750 A1	10-06-1997 28-05-1996 17-02-1996 28-02-1996
DE 10150031	A	17-04-2003	DE	10150031 A1	17-04-2003
WO 0248572	A	20-06-2002	DE WO EP US	10062370 A1 0248572 A1 1343980 A1 2004055410 A1	20-06-2002 20-06-2002 17-09-2003 25-03-2004
US 5266856	A	30-11-1993	CA	2110088 A1	31-05-1994
DE 3347555	A	11-07-1985	DE	3347555 A1	11-07-1985

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP2004/010689

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 H02K5/24 F16F7/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 H02K F16F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 698 750 A (WHIRLPOOL CORPORATION) 28. Februar 1996 (1996-02-28) Zusammenfassung Seite 3, Zeile 17 - Seite 4, Zeile 1; Abbildungen 1-5 -----	1, 4, 10, 13, 14
X	DE 101 50 031 A (KUNZ, WUNNIBALD) 17. April 2003 (2003-04-17) Zusammenfassung Spalte 4, Zeilen 24-61; Abbildungen 2-4 -----	1, 5, 9
X	WO 02/48572 A (BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERÄTE GMBH) 20. Juni 2002 (2002-06-20) Zusammenfassung Seite 3, Zeilen 14-26; Abbildung 1 ----- -/-	1, 5

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kolidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
13. Dezember 2004	29/12/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter  
 Beitner, M

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP2004/010689

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 266 856 A (HOLTER) 30. November 1993 (1993-11-30) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 45 – Spalte 4, Zeile 20; Abbildungen 1-5 -----	1, 4, 5, 10, 13, 14
X	DE 33 47 555 A (SIEMENS AG) 11. Juli 1985 (1985-07-11) Zusammenfassung Seite 3, Zeilen 11-31; Abbildungen 1-3 -----	1, 8

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

PCT/EP2004/010689

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0698750	A	28-02-1996	US	5637938 A		10-06-1997
			BR	9503661 A		28-05-1996
			CA	2155256 A1		17-02-1996
			EP	0698750 A1		28-02-1996
DE 10150031	A	17-04-2003	DE	10150031 A1		17-04-2003
WO 0248572	A	20-06-2002	DE	10062370 A1		20-06-2002
			WO	0248572 A1		20-06-2002
			EP	1343980 A1		17-09-2003
			US	2004055410 A1		25-03-2004
US 5266856	A	30-11-1993	CA	2110088 A1		31-05-1994
DE 3347555	A	11-07-1985	DE	3347555 A1		11-07-1985